

Effets de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle et observée

The Effects of the Diffusion of Information Technology on Potential and Actual Output Growth

Gilbert Cette, Jacques Mairesse et Yusuf Kocoglu

Volume 81, numéro 1-2, mars-juin 2005

Productivité et croissance économique à l'ère de l'information : une perspective internationale

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/012842ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/012842ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Cette, G., Mairesse, J. & Kocoglu, Y. (2005). Effets de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle et observée. *L'Actualité économique*, 81(1-2), 203-230. <https://doi.org/10.7202/012842ar>

Résumé de l'article

L'étude propose une analyse des effets de l'émergence et de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle et observée de l'output et de la productivité du travail en France, au cours des deux dernières décennies. De façon habituelle, les technologies de l'information regroupent ici le matériel informatique, les logiciels et les matériels de communication.

Il en ressort que la diffusion des technologies de l'information élève le rythme de la croissance potentielle (par rapport à une situation très théorique où les technologies de l'information n'existeraient pas) via l'accélération de la productivité induite par l'utilisation de ces biens et services. Cet effet sur la croissance potentielle se décompose en un effet de moyen à long terme correspondant au *capital deepening* en technologies de l'information et aux gains de productivité multifactorielle que l'utilisation des technologies de l'information entraîne. L'effet transitoire de court à moyen terme est lié à la baisse transitoire du NAIRU (*Non-accelerating inflation rate of unemployment*) elle-même induite par l'indexation retardée des salaires sur la productivité. Les ordres de grandeur auxquels aboutissent les chiffres proposés montrent que l'enjeu est considérable pour la composante de moyen à long terme. Concernant l'effet transitoire de court à moyen terme, l'analyse rétrospective de l'évolution des taux de marge des entreprises semble démentir un effet favorable.

EFFETS DE LA DIFFUSION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION SUR LA CROISSANCE POTENTIELLE ET OBSERVÉE*

Gilbert CETTE

Banque de France,

Université d'Aix-Marseille II (CEDERS)

Jacques MAIRESSE

INSEE-CREST

Yusuf KOCOGLU

Université d'Aix-Marseille II (CEDERS)

RÉSUMÉ – L'étude propose une analyse des effets de l'émergence et de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle et observée de l'output et de la productivité du travail en France, au cours des deux dernières décennies. De façon habituelle, les technologies de l'information regroupent ici le matériel informatique, les logiciels et les matériels de communication.

Il en ressort que la diffusion des technologies de l'information élève le rythme de la croissance potentielle (par rapport à une situation très théorique où les technologies de l'information n'existeraient pas) via l'accélération de la productivité induite par l'utilisation de ces biens et services. Cet effet sur la croissance potentielle se décompose en un effet de moyen à long terme correspondant au *capital deepening* en technologies de l'information et aux gains de productivité multifactorielle que l'utilisation des technologies de l'information entraîne. L'effet transitoire de court à moyen terme est lié à la baisse transitoire du NAIRU (*Non-accelerating inflation rate of unemployment*) elle-même induite par l'indexation retardée des salaires sur la productivité. Les ordres de grandeur auxquels aboutissent les chiffreages proposés montrent que l'enjeu est considérable pour la composante de moyen à long terme. Concernant l'effet transitoire de court à moyen terme, l'analyse rétrospective de l'évolution des taux de marge des entreprises semble démentir un effet favorable.

ABSTRACT – *The Effects of the Diffusion of Information Technology on Potential and Actual Output Growth.* This study examines the effects that the introduction and diffusion of information technology have had on potential and actual growth of output and labour productivity in France over the last two decades.

* Cette analyse n'engage que leurs auteurs et non les institutions qui les emploient. Elle est la synthèse actualisée de précédentes travaux des mêmes auteurs, principalement de Cette, Mairesse et Kocoglu (2002b et 2004).

We show that IT diffusion boosts the potential output growth rate (as compared to a highly theoretical situation in which IT does not exist) via the productivity spurt resulting from the use of IT. This effect on potential output growth may be broken down into two components: i) a medium to long term effect that corresponds to IT capital deepening and to the gains in multifactor productivity associated with IIT use, and ii) a short to medium term transitory effect linked to the temporary fall in the NAIRU ensuing from the lagged indexation of wages to productivity. The results show that the stakes are significant for the medium to long term component. With regard to the short to medium term transitory effect, the backward-looking analysis of the trend in corporate profit margins seems to refute the existence of a positive effect.

INTRODUCTION

La contribution des technologies de l'information à la croissance du produit intérieur brut (PIB) et de la productivité du travail a donné lieu à une très abondante littérature économique sur la période récente¹. Malgré de fortes et inévitables incertitudes méthodologiques et statistiques, il en ressort que les technologies de l'information auraient apporté une contribution significative à la croissance sur les dernières décennies, contribution encore amplifiée sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix. De fait, l'émergence et la diffusion des technologies de l'information correspondent à une révolution technologique particulière par rapport aux précédentes. Elles se caractérisent en effet par une amélioration technologique continue et rapide. À titre d'illustration de cette particularité, on peut évoquer les indices de prix du matériel informatique (et plus encore ceux des microprocesseurs) censés prendre en compte, via le recours à des méthodes hédoniques, l'amélioration des performances de ces biens, qui connaissent depuis plus de trois décennies une baisse annuelle moyenne d'environ 20 % (40 %). Cette amélioration qualitative peut aussi concerner d'autres formes de technologies de l'information, comme les logiciels ou les matériels de communication.

L'appréciation de l'importance relative (en termes d'effet sur la croissance du PIB et de la productivité) de cette révolution technologique vis-à-vis des précédentes donne parfois lieu à polémiques. Ainsi, Gordon (2000, 2002) avance que les effets de l'émergence et de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance de l'output et de la productivité ne seraient pas nécessairement plus importants que ceux de précédentes « révolutions » technologiques, comme la diffusion de la machine à vapeur au XIX^e siècle ou de l'énergie électrique au début du XX^e siècle. De plus, cette comparaison souffrirait du fait que les mesures des inputs et surtout de l'output se sont largement affinées sur les dernières décennies : elles prennent davantage en compte (via une baisse des prix et en corollaire une augmentation des volumes) des améliorations qualitatives ignorées dans les statistiques plus anciennes, par exemple concernant les progrès dans le confort des transports ferroviaires ou de l'habitat. Cependant, dans une évaluation

1. Une large recension de ces études est proposée par OCDE (2003).

sur très longue période concernant l'économie américaine, Crafts (2002) estime que la contribution de la diffusion des technologies de l'information à la croissance annuelle de l'output et de la productivité serait, depuis 1974 et surtout depuis 1995, très largement supérieure à celle de la machine à vapeur sur sa forte période de diffusion 1830-1860, et supérieure à celle de la diffusion de l'énergie électrique sur les périodes 1899-1929 et même 1919-1929. Par ailleurs, Fraumeni (2001) et Litan et Rivlin (2001) soulignent que de nombreuses formes d'améliorations dans la qualité de certains services (commerce, santé, ...) induites par la diffusion des technologies de l'information ne sont pas prises en compte dans les statistiques de comptabilité nationale. L'évaluation de la croissance du volume de l'output serait en conséquence minorée sur la période actuelle.

L'objet de la présente étude est de proposer une analyse des effets de l'émergence et de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle et observée en France, durant les deux dernières décennies, de l'output et de la productivité du travail. De façon habituelle, les technologies de l'information regroupent ici le matériel informatique, les logiciels et les matériels de communication. Ils correspondent donc à la fois à des technologies « anciennes » ayant connu des gains de performance continus et rapides comme par exemple le matériel informatique, et des moyens nouveaux de communication, d'accès ou de traitement de la connaissance comme l'Internet. L'évaluation empirique des effets sur la croissance effective est faite à partir d'une approche standard dite de comptabilité de la croissance. L'analyse précédente des effets sur la croissance potentielle est utile, non seulement parce qu'une augmentation de cette dernière signifie une augmentation des perspectives de croissance du revenu par tête, autrement dit du niveau de vie moyen, mais aussi parce qu'elle peut impacter le pilotage du *policy-mix*, en particulier la gestion de la politique monétaire².

On présente successivement les questions de l'impact de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle (première section) puis les contributions, sur la base de la méthode de comptabilité de la croissance, des produits de technologies de l'information sur la croissance observée de la productivité du travail (deuxième section).

1. LES EFFETS SUR LA CROISSANCE POTENTIELLE³

La diffusion des technologies de l'information peut avoir des effets durables sur la croissance potentielle de moyen à long terme, via les effets de substitution capital-travail et les gains de productivité multifactorielle (1.1), et des effets plus transitoires de court à moyen terme liés à l'ajustement retardé des salaires sur les gains de productivité (1.2).

2. Voir à ce sujet Cette et Pfister (2002, 2003).

3. On résume ici brièvement l'analyse développée dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2004).

1.1 Les effets sur la croissance potentielle de moyen à long terme

L'encadré (voir plus loin) fournit une formalisation simplifiée des effets de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle de moyen à long terme. La relation (5) montre que cette modification du rythme de croissance potentielle est la somme de deux éléments (on retrouve ici l'analyse proposée par Jorgenson et Stiroh, 1999). Le premier élément $\left(\frac{\gamma' - \gamma}{1 - \alpha} \right)$ correspond à l'effet de la modification des gains de productivité multifactorielle; le second $\left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \left[\left(\overset{\circ}{P}'_Q - \overset{\circ}{P}_Q \right) - \left(\overset{\circ}{P}'_K - \overset{\circ}{P}_K \right) \right] \right)$ à l'effet de la substitution capital-travail (*capital deepening*) induite par la baisse du prix relatif de l'investissement.

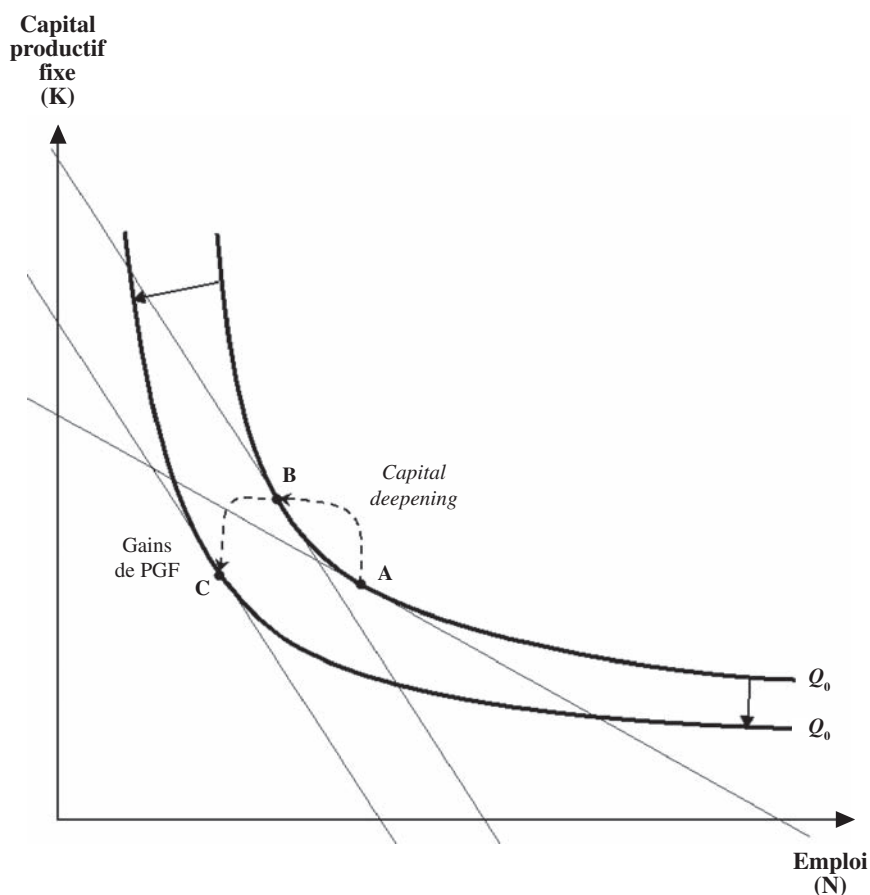
Le graphique 1 illustre ces deux effets de la diffusion des technologies de l'information sur l'offre potentielle. On suppose la production d'une quantité Q_0 d'output. La situation de départ est représentée par le point A, où la droite de coûts des facteurs est tangente à l'isoquante initiale. La modification du prix relatif du capital induite par la diffusion des technologies de l'information modifie la pente de la droite des coûts, faisant passer le point de tangence avec la première isoquante de A en B. Ce passage correspond à l'effet de la substitution capital-travail (*capital deepening*). Les éventuels gains de productivité multifactorielle permettent par ailleurs de produire la même quantité Q_0 d'output avec de moindres volumes de facteurs, ce qui correspond au passage à la seconde isoquante. La droite de coûts des facteurs est tangente à cette nouvelle isoquante au point C qui indique les quantités de facteurs minimisant le coût de production après diffusion des technologies de l'information.

Le rôle attribué à la productivité multifactorielle et à la substitution entre les facteurs de production, dans l'explication comptable de la modification de la croissance potentielle, dépend crucialement des choix comptables retenus pour réaliser le partage volume-prix des séries d'output et d'investissement en valeur. Un tel constat est rappelé dans de nombreuses analyses, par exemple Gordon (2000)⁴, Stiroh (2001) ou Cette, Mairesse et Kocoglu (2000, 2002a). Il amène à relativiser la signification économique d'éventuelles inflexions du rythme estimé de la productivité multifactorielle.

4. Gordon (2000) rappelle ainsi que « *Indeed, the faster the assumed decline in prices for software and communication equipment, the slower is TPF growth in the aggregate economy...* ».

GRAPHIQUE 1

L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION :
UNE ILLUSTRATION DES EFFETS SUR LA COMBINAISON PRODUCTIVE



Une littérature abondante s'est récemment portée sur les incertitudes concernant l'ampleur et la durée des gains de productivité multifactorielle et des effets de *capital deepening* liés à la diffusion des technologies de l'information. Certaines de ces incertitudes ont déjà fait l'objet d'une présentation détaillée dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2002a et b) et ne sont donc pas rappelées ici. Dans la présente analyse de l'impact de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle, il nous paraît utile de souligner cependant celle concernant la durée de cet impact. En fait, cette incertitude relève d'une double nature :

- elle concerne tout d'abord la durée des gains de performances des technologies de l'information. Le principal gain d'efficacité vient des microprocesseurs, dont les capacités n'ont cessé de progresser à un rythme proche de la « loi de

Moore » (doublement des capacités tous les 18-24 mois). Jorgenson (2001), Jorgenson, Ho et Stiroh (2002) ou Collin (2002) soulignent qu'il serait imprudent d'extrapoler cette évolution à l'infini. À cette incertitude sur la durée de la loi de Moore dans les activités produisant des technologies de l'information, il faut ajouter celle de la simple capacité humaine à mobiliser ces capacités croissantes. Cet aspect a notamment été souligné par Gordon (2000);

- elle se rapporte également à l'élasticité - prix de la demande de technologies de l'information. Pendant la période de diffusion des technologies de l'information, cette élasticité est supérieure à l'unité : la baisse du prix des technologies de l'information associée à leur gain en performance s'accompagne d'une croissance plus rapide de la demande qui aboutit à une part croissante au sein des facteurs de production et donc à une augmentation de la contribution des technologies de l'information à la croissance. L'élargissement de la diffusion aboutit à une saturation progressive, qui correspond à une baisse de l'élasticité - prix de la demande de technologies de l'information. À terme, lorsque cette élasticité - prix devient inférieure à l'unité, la baisse du prix s'accompagne d'une baisse de la part au sein des facteurs de production et donc (en supposant régulière la baisse de prix) à une contribution continûment décroissante des technologies de l'information à la croissance. Cette analyse, proposée, entre autres, par Oulton (2002), correspond sans doute à une situation encore éloignée de la présente période.

Quel est l'ampleur de l'effet qu'a pu avoir la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle des États-Unis et de la France? Il est impossible de prétendre fournir une réponse d'une réelle précision à une telle question. Quelques éléments d'évaluation peuvent cependant être avancés, inévitablement basés sur de nombreuses hypothèses plus ou moins fortes mais cependant raisonnables. L'évaluation distingue successivement, aux États-Unis et en France, les effets de *capital deepening* et les effets sur la productivité multifactorielle. Les données mobilisées pour ce calcul simplifié sont fournies dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2004).

Aux États-Unis, la part des technologies de l'information dans l'investissement a, sauf en 2001, progressé jusqu'en 2002. Le recul manque pour savoir si les niveaux atteints en fin de période (environ 30 % pour l'ensemble des technologies de l'information) correspond ou non à un palier témoignant d'une diffusion aboutie dans l'appareil productif. On suppose (ce qui peut minimiser l'évaluation des effets de *capital deepening*) que les niveaux atteints en 2002 concernant la part des technologies de l'information dans l'investissement correspond à une diffusion aboutie dans l'activité productive. L'écart d'évolution annuelle des prix de l'investissement non résidentiel par rapport au prix de la valeur ajoutée est d'environ 2,4 points sur la période 1995-2002 et s'explique presque complètement par un écart dans l'évolution du prix des technologies de l'information. En supposant que cet écart d'évolution de prix est durable et qu'il était négligeable avant diffusion, le taux de marge des entreprises étant d'environ 1/3 (Cf. Baghli,

Cette et Sylvain, 2003), on aboutit, par application de la relation (5) déjà mentionné, à un effet de *capital deepening* lié aux technologies de l'information sur la croissance potentielle d'environ 1,2 points par an.

L'évaluation de l'effet de la diffusion des technologies de l'information sur le rythme de la productivité multifactorielle repose sur les résultats de Jorgenson, Ho et Stiroh (2002) et Oliner et Sichel (2002) pour les États-Unis, et sur ceux de Cette, Mairesse et Kocoglu (2002b) pour la France. Une telle évaluation est délicate. En particulier, au sein des gains de productivité multifactorielle dans les branches non productrices de technologies de l'information, l'importance de ceux liés à la diffusion des technologies de l'information sont inconnus. Deux hypothèses extrêmes sont faites. Dans la première, les gains de productivité multifactorielle se limiteraient à l'écart de contribution entre les branches productrices de technologies de l'information et les autres branches, soit un effet de 0,25 à 0,50 point par an. Cela suppose cependant que les branches utilisatrices de technologies de l'information ne bénéficient d'aucun gains de productivité multifactorielle du fait des technologies de l'information. L'autre hypothèse extrême revient à supposer que tous les gains de productivité multifactorielle sont liés aux technologies de l'information, soit un effet de 0,75 à 1 point par an. Au total, l'effet de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle des États-Unis serait importante : de l'ordre de 1,4 à 2,2 points par an (tableau 1).

TABLEAU 1

EFFETS DE LA DIFFUSION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION
SUR LA CROISSANCE POTENTIELLE
ÉCART DE TAUX DE CROISSANCE ANNUEL MOYEN, EN POINTS

	États-Unis	France
Effet <i>capital deepening</i>	1,2	0,6
Contribution de la productivité multifactorielle liée aux technologies de l'information	0,25 – 1	0,2 – 0,7
Total	1,45 – 2,2	0,8 – 1,3

SOURCE : Calculs détaillés dans le texte. Voir Cette, Mairesse et Kocoglu (2003).

Concernant la France, la structure de l'investissement observée semble témoigner d'une diffusion d'un tiers à la moitié de celle observée aux États-Unis (la part des technologies de l'information dans les dépenses d'investissement y serait d'environ 15 % contre 30 % aux États-Unis). Une portion de cet écart est sans doute liée à un partage différent, par les comptes nationaux, des dépenses des entreprises entre investissements et consommations intermédiaires. On suppose pour simplifier que la diffusion des technologies de l'information est moitié

moins aboutie en France qu'aux États-Unis. L'effet de *capital deepening* y est donc supposé être moitié moindre de celui évalué pour les États-Unis. Pour le rythme de la productivité multifactorielle, l'évaluation repose sur le même principe que pour celle concernant les États-Unis et aboutit également à un effet de la diffusion des technologies de l'information environ deux fois plus faible qu'aux États-Unis. Au total, du fait d'une diffusion moins avancée, les technologies de l'information auraient donc un effet sur la croissance potentielle française de 0,8 à 1,3 points par an, soit deux fois moins qu'aux États-Unis. Si l'on suppose que la France sera amenée à bénéficier progressivement, mais avec retard, des mêmes effets sur la croissance potentielle que les États-Unis, alors les effets déjà obtenus pourraient être amenés à doubler.

L'ampleur des effets de la diffusion des technologies de l'information sur la croissance potentielle peut paraître très importante. Cependant, rappelons que ces quelques éléments d'évaluation comparent une situation observée avec existence des technologies de l'information et une situation théorique extrême caractérisée par une absence totale de technologies de l'information.

1.2 *Des effets de court à moyen terme*

La diffusion des technologies de l'information est un processus progressif. L'élévation de la croissance potentielle de l'output et de la productivité du travail induite par cette diffusion est donc également progressive. Une fois celle-ci achevée, le renouvellement et l'amélioration continus des performances des technologies de l'information permettent de conserver le nouveau rythme de croissance potentielle. Durant la période de diffusion, une indexation retardée des salaires sur les prix peut aboutir à de moindres tensions inflationnistes. Le tableau 2 montre que, récemment, les États-Unis auraient connu une telle phase d'accélération de la productivité du travail, très momentanément interrompue en 2001 au moment du ralentissement de l'économie. Aux États-Unis, pour la prochaine décennie, le rythme de croissance annuel moyen de la productivité du travail se situe dans une fourchette de 1,98 % à 2,84 % pour Oliner et Sichel (2002 : 30) et 1,33 % à 2,92 % pour Jorgenson, Ho et Stiroh (2002 : 10). Ceci correspond à un prolongement des rythmes observés depuis la seconde moitié des années quatre-vingt-dix.

TABLEAU 2

TAUX DE CROISSANCE ANNUEL MOYEN DE LA PRODUCTIVITÉ PAR EMPLOYÉ
(EN %)

	États-Unis	Canada	Zone euro	France	Allemagne	Royaume-Uni	Japon
1970-1973	2,15	2,52	4,11	3,93	3,28	3,78	5,82
1973-1982	0,22	0,26	1,96	2,13	1,68	1,34	2,53
1982-1990	1,68	1,19	1,93	2,15	1,60	1,76	3,05
1990-2002	1,71	1,39	1,11	1,10	1,20	1,99	1,16
Aussi							
1990-1995	1,36	1,31	1,52	1,14	2,02	2,59	0,83
1995-2000	2,14	1,71	1,06	1,31	1,07	1,68	1,45
1995-2002	1,96	1,44	0,82	1,08	0,90	1,56	1,39

NOTE : Les résultats concernent l'ensemble de l'économie.

SOURCE : Calculs des auteurs à partir des comptes nationaux et des *Perspectives Économiques* de l'OCDE, juin 2003.

Ainsi, durant la période transitoire d'accélération de la productivité puis d'ajustement durant laquelle le salaire moyen reste inférieur à son niveau d'équilibre, le NAIRU est abaissé et en conséquence le niveau potentiel du PIB est augmenté par rapport à une situation où le salaire moyen s'ajusterait immédiatement à son niveau d'équilibre. Ce mécanisme de détente inflationniste est décrit dans de nombreux travaux, par exemple Meyer (2000a et 2000b), Blinder (2000), Ball et Moffit (2001) ou Ball et Mankiw (2002). La question de l'influence éventuelle de cet abaissement transitoire du NAIRU sur la conduite de la politique monétaire américaine a été largement débattue dans la littérature économique et n'est pas reprise ici⁵.

L'importance de cet effet dépend de la progressivité de l'ajustement du salaire moyen sur la productivité du travail, dont l'estimation est très fragile. Concernant les États-Unis, sous l'hypothèse d'un ajustement très progressif, Ball et Moffit (2001 : 24 et 25) aboutissent à une évaluation de l'abaissement transitoire du NAIRU consécutif à l'accélération de la productivité d'environ un point à la fin des années quatre-vingt-dix.

5. Ainsi, par exemple, Ball et Tchaïdze (2002) expliquent en partie la politique monétaire de la FED entre 1995 et 2000 par une telle baisse du NAIRU induite par l'accélération de la productivité entre 1995 et 2000. Pour une synthèse, cf. Cette et Pfister (2003).

Cette et Sylvain (2003) montrent cependant que sur la période 1995-2000 lorsque la productivité a accéléré aux États-Unis, et plus particulièrement à partir de 1997, le taux de marge moyen des entreprises baisse sensiblement. Par une décomposition comptable des contributions aux évolutions du taux de marge, ils indiquent que cette baisse dans le secteur privé américain correspond à une progression du coût réel du travail plus rapide que celle de la productivité. Le coût salarial réel par tête a accéléré aux États-Unis devenant supérieur à la croissance de la productivité du travail. Ainsi, il ne semble pas que l'accélération de la productivité du travail observée aux États-Unis se soit accompagnée d'une détente inflationniste via une baisse transitoire du NAIRU liée à un retard d'indexation des salaires. Au contraire, la progression du coût salarial par tête a été plus rapide, sur cette période, que celle de la productivité, ce qui conduit à une baisse du taux de marge. Autrement dit, la baisse du chômage aux États-Unis sur cette période s'est accompagnée d'une accélération du coût salarial qui ne s'est pas traduite par davantage d'inflation du fait de la compression des marges des entreprises. Il faut également signaler que les analyses antérieures, qui supposaient que l'accélération de la productivité devait s'être accompagnée d'une baisse transitoire du NAIRU, reposaient sur les données statistiques alors disponibles ne permettant pas de déceler nettement une baisse du taux de marge⁶.

6. Voir par exemple Cette et Sylvain (2001) *op. cit.* pour des données disponibles début 2001.

ENCADRÉ

UNE FORMALISATION DES EFFETS DE LA DIFFUSION DES TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION SUR LA CROISSANCE POTENTIELLE*Effets de moyen à long terme*

On retient une représentation très simplifiée de la combinaison productive par une fonction de production Cobb-Douglas à rendements d'échelle unitaires et à progrès technique autonome neutre au sens de Hicks (les effets de ce progrès technique correspondent donc aux gains de productivité multifactorielle) et tendanciel :

$$Q = A.e^{\gamma.t}.K^{\alpha}.N^{1-\alpha} \text{ soit en taux de croissance : } \overset{o}{Q} = \gamma + \alpha.\overset{o}{K} + (1-\alpha).\overset{o}{N}. \quad (1)$$

À long terme, au niveau potentiel des variables, le coefficient de capital est constant en valeur :

$$\overset{o}{P_Q} + \overset{o}{Q^*} = \overset{o}{P_K} + \overset{o}{K^*} \text{ soit } \overset{o}{K^*} = \overset{o}{Q^*} + (\overset{o}{P_Q} - \overset{o}{P_K}). \quad (2)$$

Des relations précédentes, on tire l'expression suivante de la croissance potentielle :

$$\overset{o}{Q^*} = \frac{\gamma}{1-\alpha} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot (\overset{o}{P_Q} - \overset{o}{P_K}) + \overset{o}{N^*}. \quad (3)$$

En l'absence d'écart entre les évolutions du prix du produit et du prix de l'investissement $\overset{o}{P_Q} = \overset{o}{P_K}$, on retrouve l'expression habituelle de la croissance potentielle : $\overset{o}{Q^*} = \frac{\gamma}{1-\alpha} + \overset{o}{N^*}$.

L'émergence et la diffusion des technologies de l'information peuvent avoir deux conséquences : une hausse des gains de productivité multifactorielle et une baisse du taux de croissance du prix relatif de l'investissement. Par ailleurs, on suppose que la diffusion des technologies de l'information ne modifie pas à moyen et à long terme le niveau d'emploi potentiel ($N^{*'} = N^*$), ce qui revient à supposer qu'elle ne modifie pas à moyen et à long terme le niveau du NAIRU ($U^{*'} = U^*$) et l'offre potentielle de travail ($POP^{*'} = POP^*$)^a. On a donc :

NOTE : a. On verra plus loin pourquoi la diffusion des technologies de l'information peut transitoirement modifier le niveau du NAIRU à court et à moyen terme.

$$\overset{o}{Q}^{*'} = \frac{\gamma'}{1-\alpha} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \left(\overset{o}{P}'_Q - \overset{o}{P}'_K \right) + \overset{o}{L}^* \text{ avec : } \gamma' \geq \gamma \text{ et} \quad (4)$$

$$\overset{o}{P}'_K \leq \overset{o}{P}_K ; \overset{o}{P}'_Q \leq \overset{o}{P}_Q .$$

Les gains de croissance potentielle induits par la diffusion des technologies de l'information sont obtenus comme la différence entre les relations (4) et (3) :

$$\Delta \overset{o}{Q}^* = \overset{o}{Q}'^* - \overset{o}{Q}^* = \frac{\gamma' - \gamma}{1-\alpha} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \left[\left(\overset{o}{P}'_Q - \overset{o}{P}_Q \right) - \left(\overset{o}{P}'_K - \overset{o}{P}_K \right) \right] . \quad (5)$$

Effets transitoires de court terme

On suppose, pour simplifier, une évolution à rythme constant de la productivité du travail, avant ou après diffusion des technologies de l'information, ainsi qu'une accélération constante de la productivité durant la phase de diffusion. La période de diffusion des technologies de l'information s'étend d'une date t_1 à une date t_2 . La productivité du travail peut être représentée de façon simplifiée par les relations (en logarithme) :

$$(q - n) = \lambda_1 \cdot t + \lambda_3 \text{ avant la période de diffusion, quand } t < t_1 , \quad (6.1)$$

$$(q - n) = \lambda_1 \cdot t + \lambda_2 (t - t_2) + \lambda_3 \text{ après la période de diffusion, quand } t > t_2 , \quad (6.2)$$

$$(q - n) = \lambda_1 \cdot t + \lambda_2 \cdot \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \cdot t + \lambda_3 \text{ durant la période de diffusion,} \quad (6.3)$$

quand $t_1 \leq t \leq t_2$.

La productivité du travail progresse donc au taux annuel λ_1 avant la période de diffusion des technologies de l'information, $\lambda_1 + \lambda_2$ après cette période, et $\lambda_1 + \lambda_2 \cdot \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}$ durant cette période.

Concernant les salaires (plus exactement le coût salarial par tête), on suppose simplement comme Meyer (2000a) un ajustement lissé de la croissance des salaires sur celle de la productivité :

$$\overset{o}{W} = \beta_1 + \overset{o}{P}c_{-1} - \phi(L)(\overset{o}{Q} / \overset{o}{N}) - \beta_3 \cdot U_{t-1} , \text{ avec } \phi(1) = 1 . \quad (7)$$

Avant la diffusion des technologies de l'information (c'est-à-dire avant t_1) ou lorsque cette diffusion est totalement réalisée (après t_2) et une fois réalisé l'ajustement de la croissance des salaires sur celle de la productivité, le NAIRU « de long terme » se déduit aisément de la relation suivante :

$$U^* = \beta_1 / \beta_3 . \quad (8)$$

À plus court terme, durant la période de diffusion des technologies de l'information, du fait de l'ajustement retardé de la croissance des salaires sur celle de la productivité, on a $\phi(L)(Q/N) < (Q/N)$. Le NAIRU prend de ce fait transitoirement des valeurs plus faibles que son niveau de long terme, comme l'a déjà montré Meyer (2000a) :

$$U_{CT}^* = U^* - \frac{1}{\beta_3} \cdot \left((1 - \phi(L)) Q/N \right). \quad (9)$$

Le fait que le NAIRU soit transitoirement plus faible que son niveau de long terme permet un gain transitoire sur le niveau potentiel du PIB. On définit l'emploi potentiel N^* par la relation :

$$N^* = (1 - U^*) \cdot POP^*$$

où POP^* désigne l'offre potentielle de travail dont le niveau est supposé inchangé par la diffusion des technologies de l'information ($POP^* = POP$).

À partir de la relation (1) écrite en logarithme et de la relation (9), on obtient alors le gain transitoire sur le niveau potentiel du PIB :

$$\Delta_{CT} q^* = (1 - \alpha) \cdot \Delta_{CT} n^* \approx (1 - \alpha) \cdot (U^* - U_{CT}^*) = \frac{(1 - \alpha)}{\beta_3} \cdot \left((1 - \phi(L)) Q/N \right) . \quad (10)$$

Notations

Q : volume de l'*output*;

K : volume du capital productif fixe;

N : volume de l'emploi;

POP : offre de travail;

P_Q : prix de l'*output*;

P_K : prix de l'investissement en capital productif fixe;

P_c : prix de consommation des ménages;

W : coût salarial par tête;

U : taux de chômage, avec $N = (1 - U) \cdot POP$ et $L^* = (1 - U^*) \cdot POP^*$,
 U^* correspondant au NAIRU;

α : élasticité de l'*output* par rapport au capital;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: coefficients de l'équation (7) définissant la formation du coût salarial;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: coefficients de la relation (6) définissant l'évolution de la productivité du travail;

γ : progrès technique autonome, autrement dit gains de productivité multifactorielle;

t : variable temporelle;

t_1 et t_2 : début et fin de la période de diffusion des technologies de l'information;

L : opérateur de décalage;

$\phi(L)$: polynôme de l'opérateur de décalage intervenant dans la relation salariale (7), avec $\phi(1) = 1$;

« CT » en indice d'une variable indique qu'il s'agit de la valeur de court à moyen terme de cette variable;

un « o » au-dessus d'une variable désigne son taux de croissance;

un « $*$ » en exposant d'une variable désigne son niveau potentiel;

un « $'$ » en exposant d'une variable désigne son niveau durant la période de diffusion des technologies de l'information;

un « Δ » devant une variable désigne son écart entre les deux situations avec et sans diffusion des technologies de l'information;

les variables en minuscules correspondent à leur logarithme;

« -1 » en indice signale une variable retardée d'une période.

2. LES EFFETS SUR LA CROISSANCE EFFECTIVE DE LA PRODUCTIVITÉ

Des travaux nombreux et récents ont analysé, sur la base de données de comptabilité nationale et des hypothèses habituelles d'imputation de la méthode de comptabilité de la croissance, la question de la contribution des technologies de l'information à la croissance du PIB et de la productivité du travail. Ils concluent tous, avec des nuances diverses, à des effets favorables des dépenses des entreprises en technologies de l'information sur la productivité du travail. Ces effets résultent directement de la diffusion par substitution du capital technologies de l'information aux autres formes de capital et au travail de diverses qualifications (*capital deepening*), notamment dans les secteurs utilisateurs des technologies de l'information. Ils peuvent également se manifester par des gains de productivité multifactorielle, dans des secteurs industriels ou de services producteurs des technologies de l'information.

La présente section vise à fournir un ensemble d'éléments d'évaluation des effets de la diffusion des technologies de l'information comme facteur de production en France entre les années 1980-2002. La section suivante propose quelques éléments de comparaison avec la situation des États-Unis.

2.1 *Décomposition de la croissance de la productivité en France*

Au niveau de l'ensemble de l'économie marchande, les résultats de la décomposition de la croissance de la productivité du travail, observée en France sur la période 1980-2002, sont résumés dans le tableau 3. Les résultats ont été obtenus selon la méthode traditionnelle de la comptabilité de la croissance (*cf.* Cette, Mairesse et Kocoglu, 2002a et b pour plus de détails).

La difficulté majeure dans l'évaluation de la contribution comptable à la croissance des produits technologies de l'information est liée au partage volume-prix des dépenses nominales. La méthode hédonique semble être la plus adaptée pour opérer le partage volume-prix des dépenses d'investissement. Les comptes nationaux l'adoptent progressivement, malgré ses difficultés d'application, dans plusieurs pays. C'est notamment le cas aux États-Unis. La comptabilité nationale française utilise aussi des indices de prix hédoniques pour le matériel informatique, avec des évaluations spécifiques pour les micro-ordinateurs et les matériels périphériques (imprimantes,...), dans la nouvelle base 1995 de comptabilité nationale. Les évolutions des indices de prix pour les investissements en matériel informatique dans les comptes nationaux des deux pays sont de ce fait assez proches, contrairement aux pays qui ne recourent pas à des prix hédoniques (l'Allemagne par exemple). Néanmoins, de façon à ce que notre comparaison avec les États-Unis ne soit pas affectée par une différence de méthode sur ce point très important, et puisqu'il n'y a pas lieu de penser que les évolutions de prix des deux pays, corrigées des variations de change, puissent être très éloignées, nous avons en fait préféré retenir ici les indices de prix américains pour le matériel informatique et les logiciels, avec un ajustement pour tenir compte des variations de change (et par là-même aussi des différentiels d'inflation). Plus exactement, le

taux de croissance du prix du matériel informatique (des logiciels) est égal au taux de croissance du prix du matériel informatique (des logiciels) aux États-Unis *incrémenté* de la moitié de la variation du taux de change dollar/euro⁷. Ainsi, lorsque le dollar s'apprécie par rapport à l'euro, la baisse des prix du matériel informatique et des logiciels est moins forte en France qu'aux États-Unis et, inversement, en cas de dépréciation du dollar. Cet ajustement conduit à des variations de prix sensiblement différentes étant donné les fluctuations importantes du dollar sur les deux dernières décennies. Pour le matériel de communication, nous avons retenu l'indice de prix national dont l'évolution est très proche de celle de l'indice américain. Pour les équipements (autres que ceux relatifs aux technologies de l'information) nous avons simplement utilisé les prix des comptes nationaux français, sans que cela puisse avoir d'incidence notable sur la comparaison des résultats.

TABLEAU 3

DÉCOMPOSITION DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ PAR TÊTE EN FRANCE (EN %)

	1980- 2002	1980- 1990	1990- 2002	1990- 1995	1995- 2002
Volume de la valeur ajoutée	1,94	2,43	1,50	0,41	2,30
Emploi	0,07	-0,26	0,35	-1,13	1,42
Productivité par tête	1,85	2,69	1,15	1,54	0,88
Total technologies de l'information, dont	0,27	0,23	0,30	0,19	0,37
matériel informatique	0,12	0,11	0,13	0,08	0,17
logiciels	0,08	0,07	0,09	0,05	0,11
matériel de communication	0,07	0,05	0,08	0,06	0,09
Autres équipements	0,52	0,62	0,43	0,69	0,25
bâtiments et infrastructures	0,41	0,54	0,30	0,80	-0,05
Durée du travail	-0,40	-0,40	-0,40	-0,14	-0,59
Productivité multifactorielle, dont	1,07	1,69	0,52	0,01	0,90
composante cyclique	-0,03	0,21	-0,20	-0,35	-0,10
composante structurelle	1,10	1,48	0,72	0,36	1,00

NOTE : Les résultats concernent l'ensemble de l'économie marchande française.

SOURCE : Calculs à partir des données de la comptabilité nationale.

7. Taux de change dollar/franc français avant la mise en place de l'euro.

En les résumant à l'extrême, les enseignements des résultats obtenus, fournis dans le tableau 3, sont les suivants :

- la contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité par tête, directement liée aux effets de *capital deepening*, bien qu'en accélération récente, demeure d'un ordre de grandeur limité avec 0,27 % sur les 22 dernières années soit près de deux fois moins que les autres équipements (0,52 %) et environ un tiers plus faible que les bâtiments et infrastructures (0,41 %). Cependant, récemment, cette contribution se serait fortement élevée par rapport à celle des autres équipements. Ainsi, la contribution des technologies de l'information à la croissance était inférieure de moitié à celle des autres équipements durant les années quatre-vingt et même sur la première moitié de la décennie quatre-vingt-dix. Elle devient supérieure (0,37 % contre 0,25 %) après;
- la contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité du travail est due pour près de la moitié au matériel informatique, et pour un quart chacun aux logiciels et aux matériels de communication. La contribution de ces deux types d'investissement est donc bien plus faible que celle du matériel informatique, alors qu'en moyenne, sur l'ensemble de la période, ce dernier ne représente qu'un quart des dépenses d'investissements en technologies de l'information. À cela une raison principale : les évolutions de prix du matériel informatique sont mesurées par la méthode hédonique. Elles sont donc corrigées des effets de qualité (liées aux progrès considérables de leurs principales caractéristiques). Ce n'est en revanche le cas que dans une faible part pour les logiciels et pas du tout pour les matériels de communication. De ce fait, la croissance estimée du volume du capital est beaucoup plus rapide pour le matériel informatique (30 % par an en moyenne sur l'ensemble de la période) que pour les logiciels et les matériels de communication (14 % et 7 %);
- cette contribution des technologies de l'information s'est fortement accélérée sur les dernières années : elle a presque doublé de la première à la seconde moitié de la décennie 1990. En même temps, la contribution des autres équipements et des bâtiments s'est considérablement ralentie. On peut y voir deux effets : d'une part un effet de *capital deepening*, le prix relatif des produits technologies de l'information continuant de s'abaisser fortement par rapport aux autres équipements, mais aussi sans doute l'effet d'une certaine suraccumulation en capital peut-être en partie nourri par les craintes associées au « bug de l'an 2000 ». Un constat inquiétant apparaît quant à la contribution du capital hors technologies de l'information. Celle-ci qui était de plus d'un point de croissance durant les années quatre-vingt et la première moitié des années quatre-vingt-dix est tombée à 0,20 % entre 1995-2002. Cette baisse est consécutive à un ralentissement des investissements en valeur durant les années 1992-1997 (particulièrement pour les bâtiments et infrastructures);
- la contribution de la productivité multifactorielle à la croissance de la productivité du travail aurait été de près de 1,05 % sur l'ensemble de la période

1980-2002. La productivité multifactorielle expliquerait ainsi près de 60 % de l'évolution de la productivité du travail. Cette contribution à la croissance de la productivité est en phase avec la conjoncture économique, ce qui suggère un effet des degrés d'utilisation des facteurs. Les composantes cyclique et structurelle ont donc été distinguées, de façon cependant fruste : la composante cyclique est ici mesurée par la projection économétrique de la contribution de la productivité multifactorielle sur la variation d'un indicateur du taux d'utilisation des capacités de production industrielles. La composante structurelle est le résidu de cette projection⁸. Il apparaît alors que la composante cyclique de la contribution de la productivité multifactorielle est positive sur la décennie 1980 (l'année 1990 étant le point haut d'un cycle économique) et négative sur les périodes 1990-1995 ou 1990-2002. Sur cette dernière période, la composante cyclique est négative du fait du retournement conjoncturel des années 2001-2002 et elle est positive sur la sous-période 1995-2000, l'année 2000 étant le point haut du dernier cycle économique. La composante structurelle est moins variable que la contribution de la productivité multifactorielle globalement considérée; elle connaît une baisse marquée sur la première moitié des années quatre-vingt-dix.

Concernant l'évaluation des indices de prix des produits technologies de l'information, qui influencent de façon déterminante les résultats obtenus, une méthode alternative à la nôtre est retenue par Colecchia et Shreyer (2001) dans leur comparaison internationale. Il s'agit de reprendre pour l'ensemble des pays le même différentiel d'évolution qui existe entre, d'une part, les prix des produits technologies de l'information et, d'autre part, le prix des équipements non-technologies de l'information. Cette méthode a l'avantage de mieux prendre en compte le différentiel d'inflation mais néglige l'évolution du cours de change. Afin d'apprécier la robustesse de nos résultats à cette hypothèse, nous avons refait nos calculs selon cette dernière méthode. Ainsi, le taux de croissance du prix du matériel informatique, des logiciels et des matériels de communication pour la France reflète le même différentiel avec le taux de croissance des prix du PIB qu'aux États-Unis. Le tableau 4 présente les principaux résultats obtenus.

8. Cette distinction des composantes cyclique et structurelle de la contribution de la productivité multifactorielle est une actualisation de celle proposée dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2002a et b). L'indicateur de taux d'utilisation des capacités de production industrielles retenu est celui de la Banque de France. La semi-élasticité de la contribution de la productivité multifactorielle à cette mesure du taux d'utilisation est de 0,4547.

TABLEAU 4

CONTRIBUTIONS DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION À LA CROISSANCE
DE LA PRODUCTIVITÉ PAR TÊTE
MESURE DES PRIX ALTERNATIVE (EN %)

	1980- 2002	1980- 1990	1990- 2002	1990- 1995	1995- 2002
Productivité par tête	1,85	2,69	1,15	1,54	0,88
Contributions :					
Total technologies de l'information, dont	0,29	0,23	0,32	0,20	0,41
matériel informatique	0,13	0,11	0,14	0,08	0,19
logiciels	0,09	0,07	0,10	0,05	0,14
matériel de communication	0,07	0,05	0,08	0,07	0,08

NOTE : Hypothèse de calcul : le différentiel entre d'une part les taux de croissance des prix des logiciels, du matériel informatique et des matériels de communication et d'autre part celui du PIB est identique en France et aux États-Unis.

Les résultats des tableaux 3 et 4 sont très proches. Aussi, la méthode utilisée pour calculer à partir des indices de prix américains les prix des produits technologies de l'information n'a, pour la France, pas d'influence significative. On peut cependant signaler que sur la période récente (1995-2002), sous le double effet d'une appréciation du dollar (+40 % entre 1995 et 2002) et d'un taux de croissance du prix du PIB plus élevé aux États-Unis⁹, la contribution des technologies de l'information serait avec la méthode Colecchia et Shreyer (2001) légèrement supérieure à celle obtenue avec notre méthode (0,41 % contre 0,37 %).

Par ailleurs, de très nombreuses incertitudes caractérisent la mesure du volume des dépenses d'investissement des entreprises en technologies de l'information. Elles sont relatives d'une part au partage volume-prix des séries d'investissement en valeur des technologies de l'information et d'autre part au partage entre investissement et consommations intermédiaires des dépenses en technologies de l'information. L'impact sur les évaluations de ces deux types d'incertitudes peut être illustré au moyen de variantes¹⁰ dont les résultats sont présentés dans le tableau 5.

9. Le premier effet conduit à une baisse moins rapide du prix des technologies de l'information en France ce qui se traduit par une contribution moindre dans le tableau 3. Le second effet se traduit par une baisse des prix plus rapide en France et par conséquent une contribution plus forte dans le tableau 4.

10. Voir Cette, Mairesse et Kocoglu (2000 et 2002a) pour plus de détails sur les variantes.

TABLEAU 5

CONTRIBUTIONS À LA CROISSANCE ANNUELLE MOYENNE DE LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL
TROIS VARIANTES (EN %)

	Variante d'évolution de prix forte		Variante d'évolution de prix faible		Variante sur le partage entre consommations intermédiaires et investissements	
	1980-2002	1995-2002	1980-2002	1995-2002	1980-2002	1995-2002
Productivité par tête	1,85	0,88	1,85	0,88	1,85	0,88
Total technologies de l'information, dont	0,53	0,73	0,20	0,34	0,46	0,64
matériel informatique	0,12	0,17	0,04	0,08	0,24	0,33
logiciels	0,20	0,32	0,09	0,17	0,16	0,22
matériel de communication	0,21	0,24	0,07	0,09	0,06	0,09
Autre capital	0,95	0,20	0,94	0,20	0,90	0,20
Durée du travail	-0,40	-0,59	-0,40	-0,59	-0,40	-0,59
Productivité multifactorielle	0,77	0,54	1,11	0,93	0,89	0,63

NOTE : Les résultats concernent l'ensemble de l'économie marchande française.

SOURCE : Calculs à partir des données de la comptabilité nationale.

On peut encadrer les effets de la première incertitude par deux variantes sans doute extrêmes. Dans la première (dite « variante d'évolution de prix forte »), il est supposé que l'évolution des prix des logiciels et des matériels de communication est identique à celle du matériel informatique. Cette variante fait donc l'hypothèse très forte que les performances productives des logiciels et des matériels de communication s'améliorent chaque année aussi rapidement que celles du matériel informatique. Ainsi, sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle aboutit à une évolution annuelle moyenne des prix de -14,3 % pour les trois produits technologies de l'information, au lieu de 1,1 % pour les logiciels et 0,0 % pour les matériels de communication dans l'évaluation centrale. Cette orientation nettement plus à la baisse des prix des logiciels et des matériels de communication aboutit logiquement à une évolution plus dynamique des volumes de capital en ces produits, et donc à une contribution à la croissance plus forte. La contribution

des technologies de l'information à la croissance est ainsi doublée par rapport à l'évaluation centrale : elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % à un rythme de 0,53 % sur l'ensemble de la période 1980-2000, et d'un rythme de 0,37 % à un rythme de 0,74 % sur la période 1995-2002. La contribution de la productivité multifactorielle à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant.

La seconde variante (dite « d'évolution de prix faible ») suppose que l'évolution des prix du matériel informatique et des logiciels est identique à celle des matériels de communication, ce qui revient à ne prendre que très marginalement en compte l'amélioration des performances dans l'évolution des prix. Compte tenu des écarts réduits d'évolution des prix des logiciels et des matériels de communication, cette variante n'a un impact sensible que sur l'évaluation de la contribution du matériel informatique. La contribution des technologies de l'information à la croissance est abaissée d'un quart à un sixième environ : sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % dans l'évaluation centrale à un rythme de 0,20 % dans la variante, et d'un rythme de 0,37 % à un rythme de 0,34 % sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix. La contribution de la productivité multifactorielle à la croissance est en contrepartie augmentée d'autant.

Notre troisième variante de calcul concerne la fiabilité des évaluations en valeur (à prix courants) des investissements en technologies de l'information. Elle porte précisément sur le point d'incertitude et de divergence qui paraît le plus grave dans la comparaison des évaluations des comptes nationaux en France (et plus généralement les pays européens) et aux États-Unis. Il s'agit de la répartition des dépenses en produits technologies de l'information entre la formation brute de capital fixe (FBCF) et les consommations intermédiaires (*cf.* Lequiller, 2000). Ainsi, dans les équilibres ressources-emplois, la part des investissements en matériel informatique et logiciels est beaucoup plus faible en France qu'aux États-Unis (respectivement 31 % et 20 % contre 55 % et 50 %). Un groupe d'experts réuni par l'OCDE travaille actuellement sur une harmonisation des conventions comptables internationales sur cet aspect. Les premiers travaux réalisés par la comptabilité nationale française aboutissent, pour les logiciels, à doubler la part de la FBCF dans les dépenses. Pour apprécier l'impact possible (et sans doute maximal) d'une telle incertitude sur nos résultats, notamment dans la comparaison faite avec les États-Unis, nous avons considéré la variante obtenue en majorant les dépenses d'investissement en matériel informatique et logiciels pour la France de façon à ce que le partage des dépenses totales en technologies de l'information entre les investissements d'une part et les consommations intermédiaires d'autre part soit le même qu'aux États-Unis. De façon plus précise, nous avons défini cette variante en fonction du partage observé pour 1995 et 1996 en France et aux États-Unis pour le matériel informatique et le résultat de la comptabilité nationale française pour les logiciels. En pratique, nous avons été amenés à multiplier simplement les séries de matériel informatique et des logiciels par un facteur de 2.

Les évaluations de la contribution des technologies de l'information à la croissance sont bien sûr celles auxquelles on pouvait s'attendre sur la base même des facteurs de majoration utilisés sur les séries d'investissement : les contributions du matériel informatique et des logiciels sont ainsi doublées. La contribution des matériels de communication restant inchangée, la variante conduit ainsi à une contribution totale des technologies de l'information de près du double par rapport à l'évaluation centrale (cf. tableau 5). Sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % dans l'évaluation centrale à un rythme de 0,47 % dans la variante, et d'un rythme de 0,36 % à un rythme de 0,64 % sur les années 1995-2002. La contribution de la productivité multifactorielle à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant.

Ces différentes variantes illustrent l'importance des incertitudes rencontrées dans l'évaluation de la contribution des technologies de l'information à la croissance de la productivité du travail. Il est utile de souligner que les incertitudes liées tant à la mesure des prix qu'à celles du partage des ressources entre utilisations finales et intermédiaires vont plutôt dans le sens d'une sous-évaluation de la contribution des technologies de l'information à la croissance. L'évaluation centrale minore sans doute sensiblement la contribution apportée par l'investissement des entreprises à la croissance de la productivité. Cependant, ces mesures alternatives nous permettent d'encadrer les contributions des technologies de l'information. Ainsi, la contribution du capital technologies de l'information à la croissance de la productivité du travail aurait été au minimum de 0,20 % et au maximum de 0,47 % par an par sur la période 1980-2002. Elle aurait été comprise entre 0,34 % et 0,74 % par an sur les sept dernières années.

2.2 *Éléments de comparaison avec les États-Unis*

L'accélération des gains de productivité multifactorielle apparents au niveau de l'économie américaine considérée globalement est très récente : elle s'amorce au milieu des années quatre-vingt-dix. En conséquence, certains économistes, par exemple Gordon (2000), considèrent qu'une part importante de cette accélération serait de nature cyclique et liée à l'accélération de la croissance américaine sur la décennie 1990. Une telle lecture n'est pas partagée par une majorité des autres analyses¹¹. Ces dernières montrent que la diffusion des technologies de l'information sur les quatre dernière décennies, n'a pas cessé de contribuer à accélérer la productivité du travail, via une augmentation continue des effets de *capital deepening* en équipements technologies de l'information et des gains de productivité multifactorielle dans les activités productrices de technologies de l'information. Concernant la France, les évaluations que nous avons réalisées aboutissent à des différences importantes avec les évolutions concernant les

11. Parmi lesquelles, entre autres, Jorgenson et Stiroh (2000), Jorgenson Ho et Stiroh (2002), Oliner et Sichel (2000, 2002), CEA (2001), Colecchia et Schreyer (2001), Pilat et Lee (2001), van Ark et alii (2002), ...

États-Unis. Tout d'abord, pour la France, c'est un ralentissement de la productivité du travail qui est à expliquer sur la seconde moitié de la décennie 1990 et non une accélération comme aux États-Unis. C'est là, bien sûr, l'un des résultats des politiques françaises visant à « enrichir le contenu de la croissance en emplois » via d'une part des allègements de charges sociales et d'autre part la réduction du temps de travail. Ensuite, l'accélération de la croissance aurait induit en France des gains de productivité de nature cyclique (la contribution de la productivité multifactorielle augmente), si bien qu'au total le ralentissement structurel serait proche, en moyenne annuelle, de 0,8 point par rapport à la période 1990-1995 et 1,4 point par rapport à la période 1980-1995, à comparer à l'accélération de 0,9 à 1,5 point (selon les évaluations) pour les États-Unis. Les effets de *capital deepening* auraient légèrement accéléré dans les deux pays sur cette période, mais ces effets auraient en France très fortement décéléré concernant les autres immobilisations, alors qu'ils n'auraient pas connu de modification notable aux États-Unis. En conséquence, l'effet de *capital deepening* global (en équipements technologies de l'information et non-technologies de l'information) sur la croissance de la productivité durant cette période serait positif et d'une faible ampleur aux États-Unis et négatif et d'une ampleur importante en France. Enfin, le ralentissement en France des effets de *capital deepening* en produits non-technologies de l'information et, pour une plus faible part, les effets de la réduction du temps de travail, expliqueraient le ralentissement structurel de la productivité par tête. Dans les deux pays, les gains de productivité multifactorielle se seraient accélérés dans les branches productrices de technologies de l'information, et accélérés ou décélérés en France¹² dans les branches utilisatrices selon la période de référence.

12. Résultats pour la période 1980-2000, voir Cette, Mairesse et Kocoglu (2002).

TABEAU 6
CONTRIBUTIONS À LA CROISSANCE ANNUELLE MOYENNE DE LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL
TAUX DE CROISSANCE EN %

	ÉTATS-UNIS					FRANCE		
	OLINER ET SICHEL (2002)			JORGENSEN, HO ET STIROH (2002)		CETTE, MAIRESSE ET KOCOGLU PRÉSENTE ÉVALUATION		
	1974- 1990	1990- 1995	1995- 2001	1973- 1995	1995- 2000	1980- 1990	1990- 1995	1995- 2002
Productivité ¹	1,36	1,54	2,43	1,44	2,36	2,69	1,54	0,88
<i>Capital deepening</i> , dont :	0,77	0,52	1,19	0,88	1,40	1,39	1,68	0,57
Total technologies de l'information, dont	0,41	0,46	1,02	0,32	0,76	0,23	0,19	0,37
matériel informatique	0,23	0,19	0,54	.	.	0,11	0,08	0,17
logiciels	0,09	0,21	0,35	.	.	0,07	0,05	0,11
matériel de communication	0,09	0,05	0,13	.	.	0,05	0,06	0,09
Autre capital	0,37	0,06	0,17	0,56	0,64	1,16	1,49	0,20
Qualité du travail ²	0,22	0,45	0,25	0,23	0,17			
Productivité multifactorielle	0,37	0,58	0,99	0,33	0,80	1,69	0,01	0,90

NOTE : 1. Productivité horaire dans Oliner et Sichel (2002) et Jorgenson Ho et Stiroh (2002), productivité par employé dans notre évaluation.

2. Non calculé dans notre évaluation. Cet effet se retrouve en conséquence dans la productivité multifactorielle.

Une autre incertitude à souligner concerne le bénéfice, en termes de productivité et de croissance, de la diffusion des technologies de l'information dont pourront bénéficier les pays européens industrialisés (parmi lesquels bien entendu la France et les pays de la zone euro). Gust et Marquez (2000) affirment que les effets favorables des technologies de l'information sur la productivité du travail et la productivité multifactorielle finiront par se manifester dans l'ensemble des pays industrialisés. Seules subsistent des incertitudes sur le niveau des ces effets et leur décalage temporel par rapport aux États-Unis. L'incertitude sur l'ampleur des effets est accrue pour l'Europe en raison de la méconnaissance des effets de *spillovers* entre les activités productrices de technologies de l'information et les activités utilisatrices. Si ces interactions sont importantes, les gains tirés de la diffusion des technologies de l'information seront plus faibles en Europe qu'aux États-Unis, du fait d'une plus faible importance des activités productrices de technologies de l'information. Pour l'instant, les analyses empiriques disponibles confirment que les effets de la diffusion sur la croissance de la productivité seraient encore, dans les pays européens parmi lesquels la France, sensiblement plus faibles qu'aux États-Unis principalement du fait d'une moindre diffusion de ces mêmes technologies de l'information dans l'activité productive et, à moindre titre, du fait d'une moindre importance relative des activités productrice de technologies de l'information dans l'économie. Les analyses cherchant à apporter des éléments d'explication au retard de diffusion des technologies de l'information dans les autres économies industrialisées que les États-Unis sont encore rares. Gust et Marquez (2002) voient dans ce retard la résultante de nombreuses causes parmi lesquelles une population active en moyenne encore moins qualifiée et un environnement réglementaire plus important sur le marché des biens et du travail.

CONCLUSION

La diffusion des technologies de l'information élève le rythme de la croissance potentielle (par rapport à une situation très théorique où les technologies de l'information n'existeraient pas) via l'accélération de la productivité induite par l'utilisation de ces biens et services. Cet effet sur la croissance potentielle se décompose en :

- un effet de moyen à long terme correspondant au *capital deepening* en technologies de l'information et aux gains de productivité multifactorielle que l'utilisation des technologies de l'information entraîne;
- un effet transitoire de court à moyen terme lié à la baisse transitoire du NAIRU elle-même induite par l'indexation retardée des salaires sur l'accélération de la productivité.

Au sein de l'effet de moyen à long terme, le partage entre les composantes *capital deepening* et gains de productivité multifactorielle dépend fortement de conventions comptables, tout particulièrement de la prise en compte des gains de performances des technologies de l'information dans les indices de prix correspondants. L'effet de court à moyen terme dépend quant à lui principalement du

mode de formation des salaires. L'évaluation empirique des deux types d'effets de la diffusion des technologies de l'information sur l'offre potentielle est inévitablement très fragile. Les ordres de grandeur auxquels aboutissent les chiffres présentés ici montrent que l'enjeu est cependant considérable. L'effet de moyen à long terme est important : la croissance potentielle annuelle aurait été accélérée d'environ deux points aux États-Unis et de un point en France. Concernant l'effet transitoire de court à moyen terme, l'analyse rétrospective de l'évolution des taux de marge des entreprises semble démentir un effet favorable.

Cette analyse peut susciter diverses questions parmi lesquelles les deux principales semblent être les suivantes :

- la France et les autres pays européens bénéficieront-ils à terme d'un effet des technologies de l'information sur la croissance potentielle aussi fort que celui enregistré aux États-Unis? Autrement dit, le fait d'être moins producteur de technologies de l'information ne condamne-t-il pas à un bénéfice moindre sur la croissance potentielle? Cette question est déjà largement débattue ailleurs (par exemple Cohen et Debonneuil, 2000; Gust et Marquez, 2000);
- sur quelle période s'étendra encore le bénéfice des gains de croissance potentielle induits par la diffusion des technologies de l'information? Sur cette question, très technologique, les avis sont partagés (Cf. Jorgenson, 2001; Jorgenson, Ho et Stiroh, 2002; Collin, 2002).

BIBLIOGRAPHIE

- BAGHLI, M., G. CETTE et A. SYLVAIN (2003), « Les déterminants du taux de marge en France et quelques autres grands pays industrialisés : analyse empirique sur la période 1970 – 2000 », *Économie et Prévision*, 158.
- BALL, L. et G. MANKIW (2002), « The NAIRU in Theory and Practice », NBER, working paper, 8940, mai.
- BALL, L. et R. MOFFIT (2001), « Productivity Growth and the Phillips Curve », NBER, working paper, 8421.
- BALL, L. et R. TCHADZE (2002), « The FED and the New Economy », *The American Economic Review*, 92(2).
- BLINDER, A. (2000), « The Internet and the New Economy », *Brookings Institution Policy Brief*, 60.
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2000), « La mesure de l'investissement en technologies de l'information et de la communication : quelques considérations méthodologiques », *Économie et Statistique*, no 339-340(9/10).
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2002a), « Croissance économique et diffusion des TIC : le cas de la France sur longue période (1980-2000) », *Revue Française d'Économie*, XVI(3).
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2002b), « Diffusion of ICTs and Growth of the French Economy over the Long-term, 1980-2000 », *International Productivity Monitor*, 4 (printemps).

- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2004), « Diffusion des TIC et croissance potentielle », *Revue d'Economie Politique*, 114(1).
- CETTE, G. et P.-A. NOUAL (2003), « L'investissement en TIC aux États-Unis et dans quelques pays européens », mimeo.
- CETTE, G. et C. PFISTER (2002), « Nouvelle économie et politique monétaire », *Revue Économique*, 53(3).
- CETTE, G. et C. PFISTER (2003), « The Challenges of the 'New Economy' for Monetary Policy », Banque de France, *Note d'Études et de Recherche*, 100.
- CETTE, G. et A. SYLVAIN (2001), « Partage primaire du revenu et rendement du capital : quelques repères empiriques pour plusieurs pays industrialisés », *Bulletin de la Banque de France*, 93 (septembre).
- CETTE, G. et A. SYLVAIN (2003), « L'accélération de la productivité aux États-Unis y a-t-elle réellement permis une détente inflationniste? », *Bulletin de la Banque de France*, 109 (janvier).
- COHEN, D. et M. DEBONNEUIL (2000), « Nouvelle Économie », Rapport no 28 du Conseil d'Analyse Économique, *La Documentation Française*.
- COLLIN, J.-P. (2002), « La loi de Moore : quelles limites? », *Futuribles*, 278 (septembre).
- COLECCHIA, A. et P. SCHREYER (2001), « The Impact of Information and Communication Technologies to Output Growth: Issues and Preliminary Findings », OCDE, Drest DSTI/EAS/INS/SWP(2001)/11.
- COUNCIL OF ECONOMIC ADVISERS (2001), « Economic Report of the President – 2001 », février.
- CRAFTS, N. (2002), « The Solow Productivity Paradox in Historical Perspective », CEPR, Discussion Paper Series, no 3142, janvier.
- FRAUMENI, B. M. (2001), « E-Commerce: Measurement and Measurement Issues », *The American Economic Review*, 91(2).
- GORDON, R. (2000), « Does the 'New Economy' Measure up to the Great Inventions of the Past? », *Journal of Economic Perspectives*, 14(4).
- GORDON, R. (2002), « Technology and Economic Performance in the American Economy », CEPR, Discussion Paper Series, 3213.
- GUST, C. et J. MARQUEZ (2000), « Productivity Developments Abroad », *Federal Reserve Bulletin*, octobre.
- GUST, C. et J. MARQUEZ (2002), « International Comparisons of Productivity Growth: The Role of Information Technology and Regulation Practices », mimeo, Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers, no 727.
- JORGENSEN, D. (2001), « Information Technology and the US Economy », *The American Economic Review*, 91(1).
- JORGENSEN, D., M. S. HO et K. STIROH (2002), « Projecting Productivity Growth: Lessons from the US Growth Resurgence », *Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review*, troisième trimestre.

- JORGENSEN, D. et K. STIROH (1999), « Productivity Growth: Current Recovery and Longer-Term Trend », *The American Economic Review*, 89(2).
- JORGENSEN, D. et K. STIROH (2000), « Raising the Speed Limit: U. S. Economic Growth in the Information Age », *Brookings Papers on Economic Activity*, 1 : 125-212.
- LEQUILLER, F. (2000), « La nouvelle économie et la mesure de la croissance », *Économie et Statistique*, no 339-340, 9/10.
- LITAN, R. E. et A. M. RIVLIN (2001), « Projecting the Economic Impact of the Internet », *The American Economic Review*, 91(2).
- MEYER, L. H. (2000a), « The Economic Outlook and the Challenges Facing Monetary Policy – Remarks at the Century Club Breakfast Series », mimeo.
- MEYER, L. H. (2000b), « The Economic Outlook and the Challenges Facing Monetary Policy – Remarks before the Toronto Association for Business and Economics », mimeo.
- OCDE (2003), *ICT and Economic Growth*.
- OLINER, S. et D. SICHEL (2000), « The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story? », *Journal of Economic Perspectives*, 14(4).
- OLINER, S. et D. SICHEL (2002), « Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going », *Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review*, troisième trimestre.
- OULTON, N. (2002), « ICT and Productivity Growth in the United Kingdom », *Oxford Review of Economic Policy*, 18(3).
- PILAT, D. et F. C. LEE (2001), « Productivity Growth in ICT-producing and ICT-using Industries: A Source of Growth Differentials in the OECD? », mimeo, DSTI/DOC(2001)4.
- SCHREYER, P. (2000), « The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries », OCDE, STI working paper, 2000/2.
- STIROH, K. (2001), « What Drives Productivity Growth? », *FRBNY Economic Policy Review*, mars.
- VAN ARK, B., J. MELKA, N. MULDER, M. TIMMER et G. YPMA (2002), « ICT investment and Growth Accounts for the European Union, 1980-2000 », mimeo.